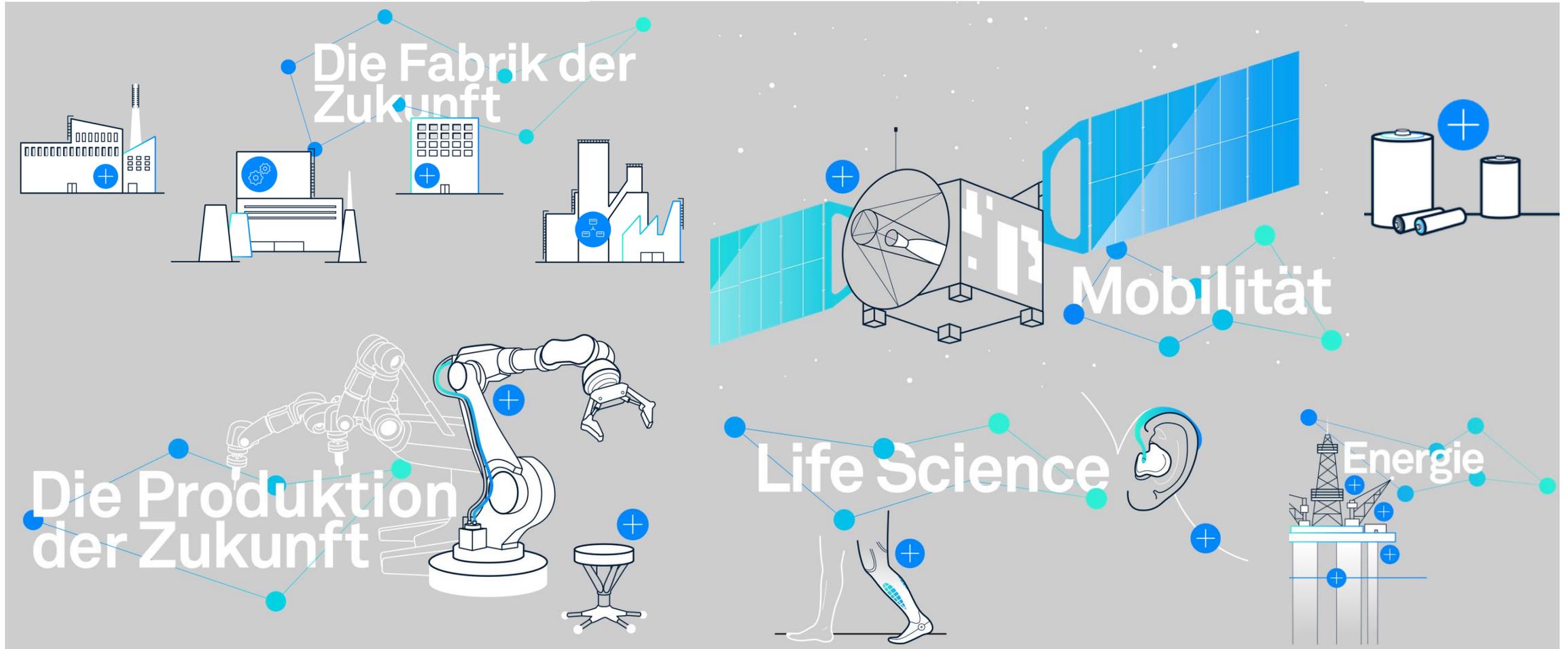


Fraunhofer IPA – Vortrag ZAM 2020-12-10

In vielen Zukunftsfeldern präsent



Quelle: www.wir-produzieren-zukunft.de

Künstliche Intelligenz (KI) von der Forschung auf den Shopfloor und darüber hinaus

- Auf dem Weg zu personalisierten Produkten zu Kosten der Massenproduktion sorgt KI für einen enormen Produktivitätsschub. Das liegt daran, dass sich Maschinen und Roboter perspektivisch mithilfe von Algorithmen selbst an veränderte Gegebenheiten in der Produktion anpassen können.
- Basierend auf großen Datenmengen und deren Auswertung mithilfe von KI werden Produktionen effizienter, flexibler einsetzbar und fertigen hochwertigere Ware.
- In diesem Vortrag werden ausgewählte Einblicke in die angewandte Forschung des Fraunhofer-Instituts IPA für Produktionstechnik und Automatisierung, im Speziellen der Abteilung Fabrikplanung und Produktionsmanagement und des Zentrums für Cyber Cognitive Intelligence (CCI), vorgestellt.
- <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/fabrikplanung-und-produktionsmanagement.html>
<https://s-tec.de/zentren/zentrum-fuer-cyber-cognitive-intelligence/>
- www.ipa.fraunhofer.de/ki
- Referenten:
 - Dr. Christof Nitsche, Gruppenleiter Zentrum für Cyber Cognitive Intelligence @ Fraunhofer IPA
 - Julian Maier, Forscher Autonome Produktionsoptimierung @ Fraunhofer IPA

Inhalt

- Einführung in künstliche Intelligenz (KI)
 - Aufbau
 - Modellierung
 - Anwendung am Beispiel Verschleißerkennung
- Ausgewählte Einblicke in die angewandte KI-Forschung des Fraunhofer-IPA
 - Zentrum für Cyber Cognitive Intelligence (CCI) (dieser Foliensatz)
 - Abteilung Fabrikplanung und Produktionsmanagement (siehe 2. Foliensatz)

Durchbruch von KI in der Öffentlichkeit – Computer AlphaGo besiegt den Weltmeister in Go



Künstliche Intelligenz – Welche Themen gehören dazu?

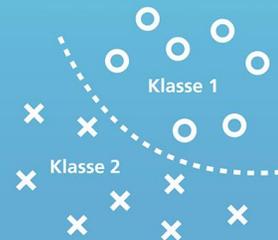
Künstliche Intelligenz (KI)

Lösen von Problemen, welche vom Menschen intelligentes Handeln erfordern



Maschinelles Lernen (ML)

Lernen anhand von Mustern in Daten



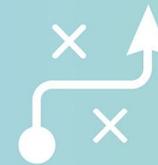
Deep Learning (DL)

Lernen mittels tiefer neuronaler Netze



Reinforcement Learning (RL)

Lernen, sequentielle Entscheidungsprobleme zu lösen



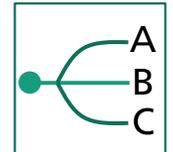
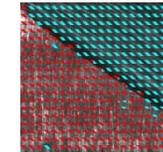
Praxisfälle des Maschinellen Lernens für kognitive Produktionssysteme

Praxisfall

Klassifizierung

Merkmalsunterscheidung:

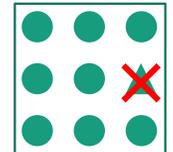
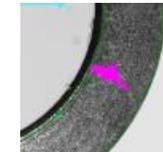
- Ist das A, B, C ...?



Erkennung von Anomalien

Ausreißer-Erkennung:

- Ist das i.O.? Gehört das hierhin?



Regression

Vorhersagen:

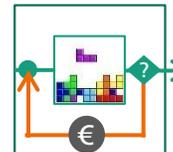
- Wie viele? Welcher Zustand? Wann?



Verstärkungslernen /
Reinforcement Learning

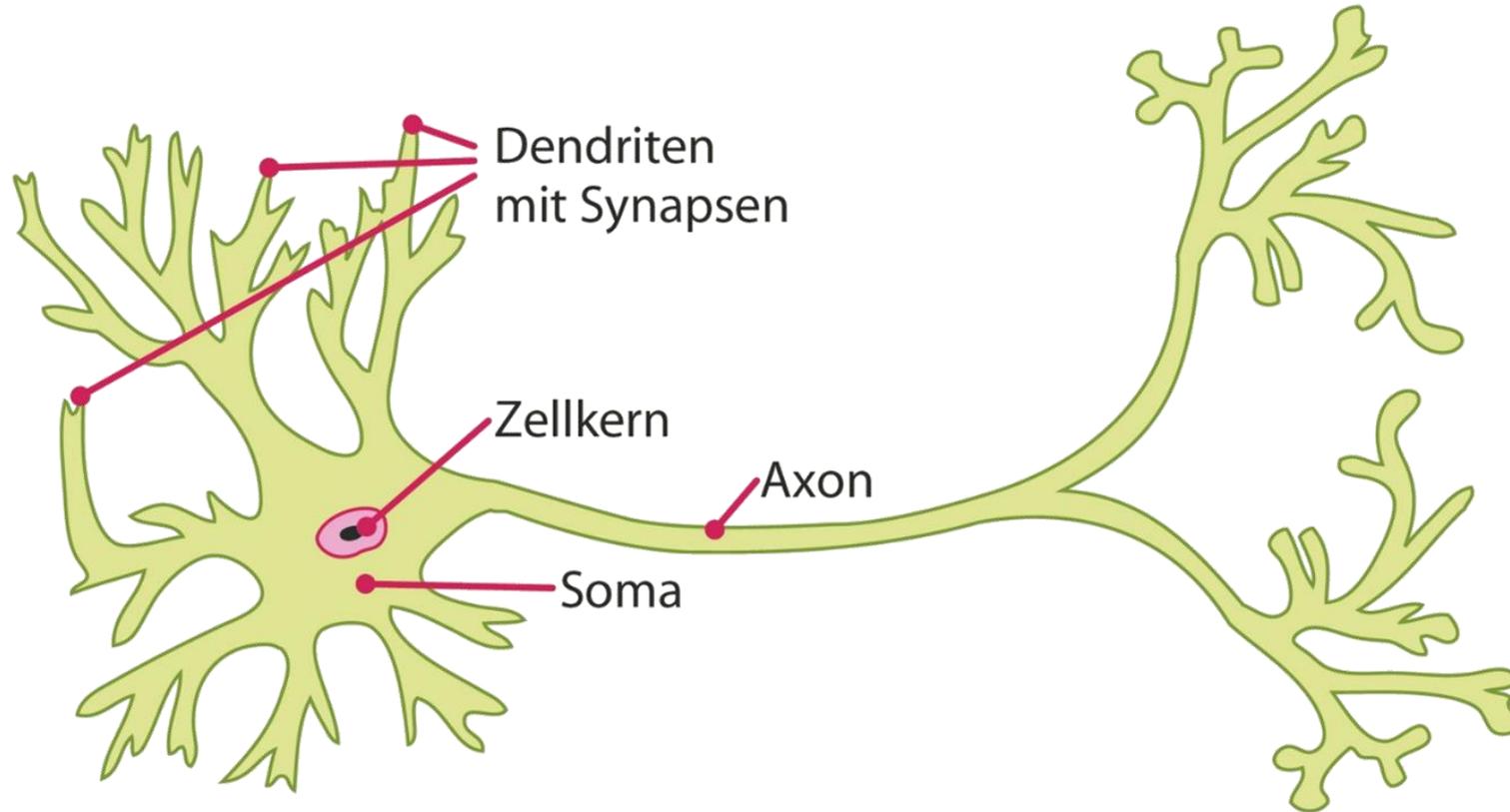
Passende Strategie lernen:

- Was als nächstes? War das o.k. so?



Neuronen:

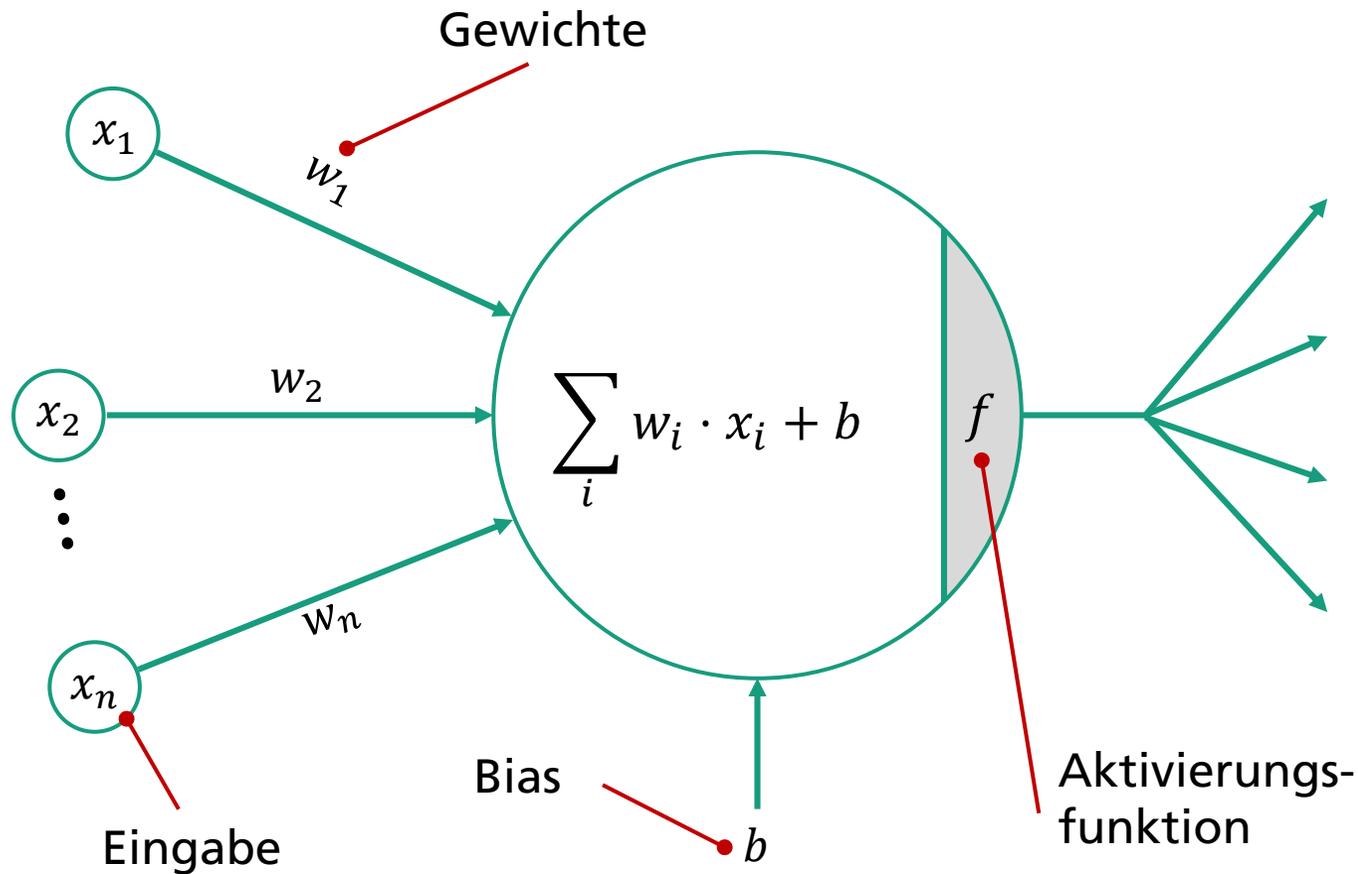
Das natürliche Vorbild



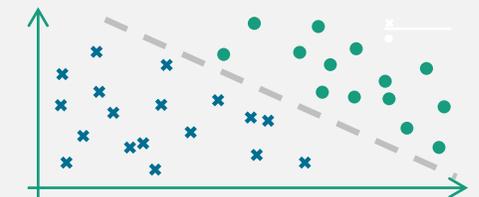
- **Dendriten** dienen zur Aufnahme der Signale anderer Zellen
- **Synapsen** repräsentieren die Stärke der Verbindungen zwischen Neuronen
→ lernen gleich dem stärken / abschwächen der Verbindungen
- Ein Neuron **“feuert”**, wenn Schwellwert überschritten
- **Axon** überträgt das Ausgangssignal

Perzeptron:

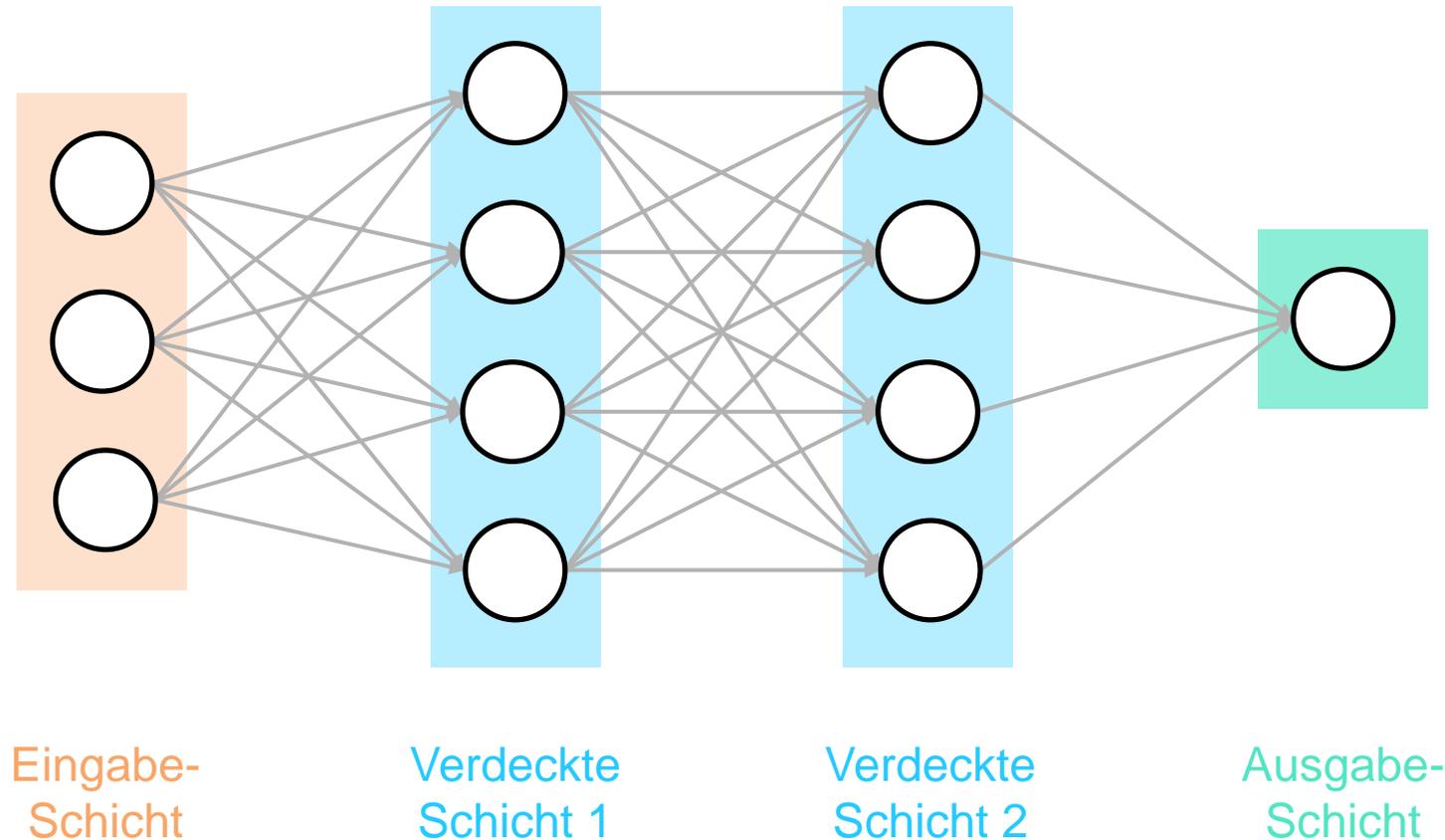
Grundbaustein Künstlicher Neuronaler Netze



- Erfunden von US Psychologe Frank Rosenblatt, 1959
- Lernen durch Anpassen der Gewichte
- Ermöglicht lineares Trennen von Daten



Multilayer Perceptron

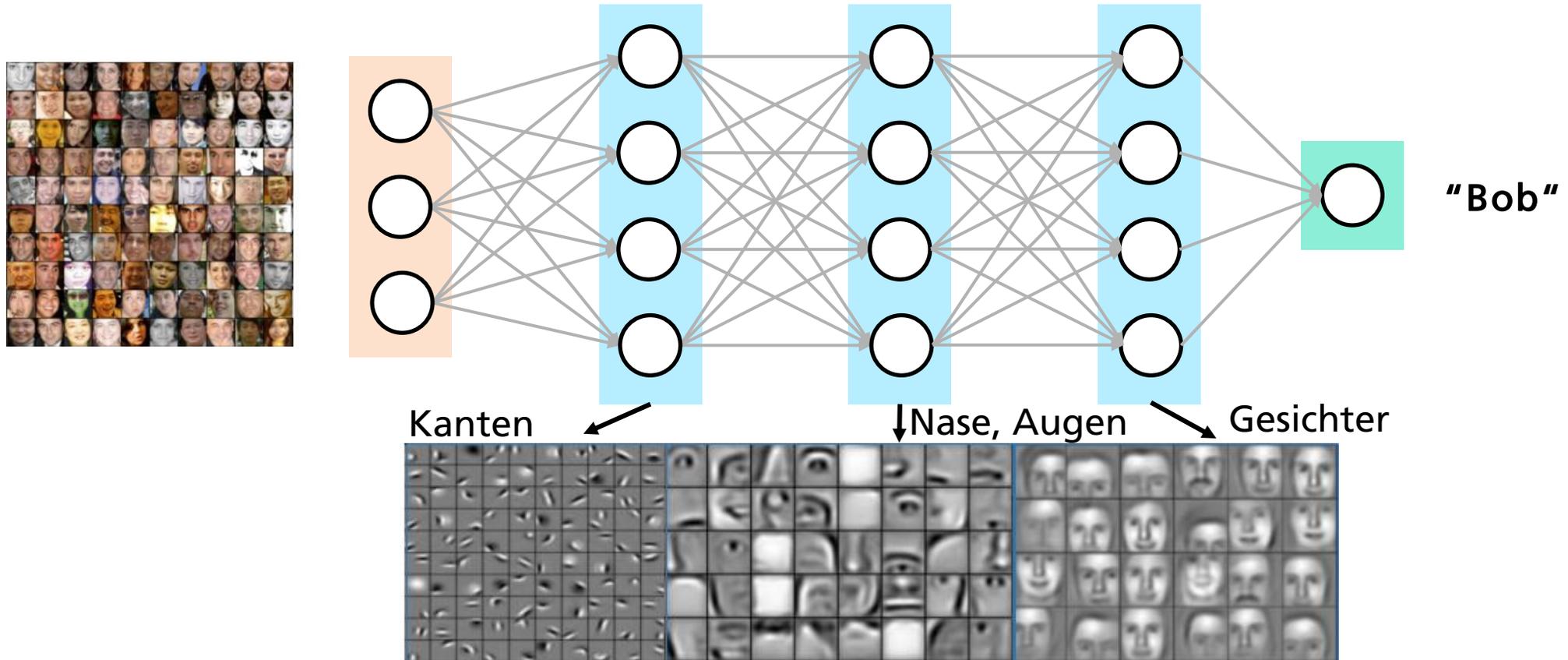


**Universeller
Funktions-
approximator**

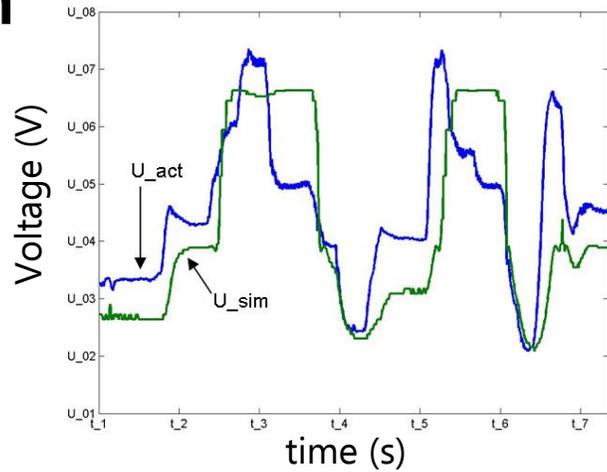
Mit einer **einzelnen verdeckten Schicht** kann jede stetige Funktion beliebig genau approximiert werden, wenn hinreichend viele Neuronen bereitgestellt sind.

Wieso tiefe Netze?

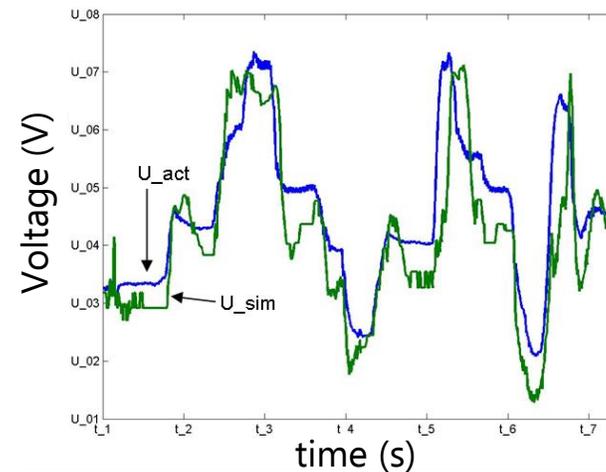
Um bestimmte Funktionen mit flachen Netzen zu approximieren, werden **exponentiell** mehr Neuronen benötigt!



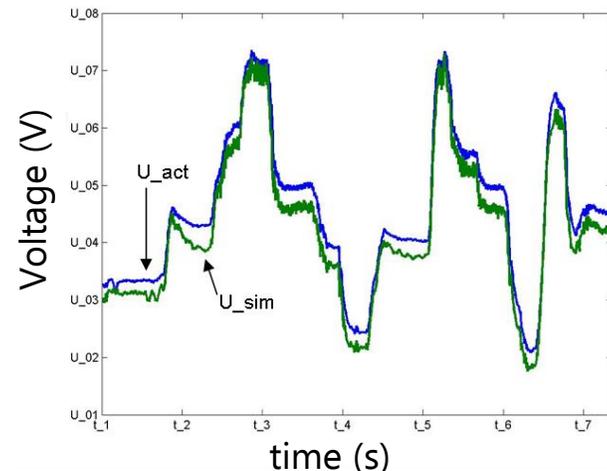
Verbesserung des Modells durch Hinzunahme von relevanten Informationen



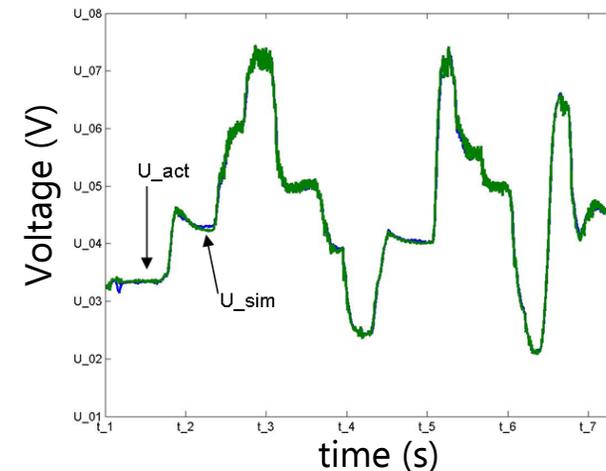
1 Input Signal



2 Input Signals

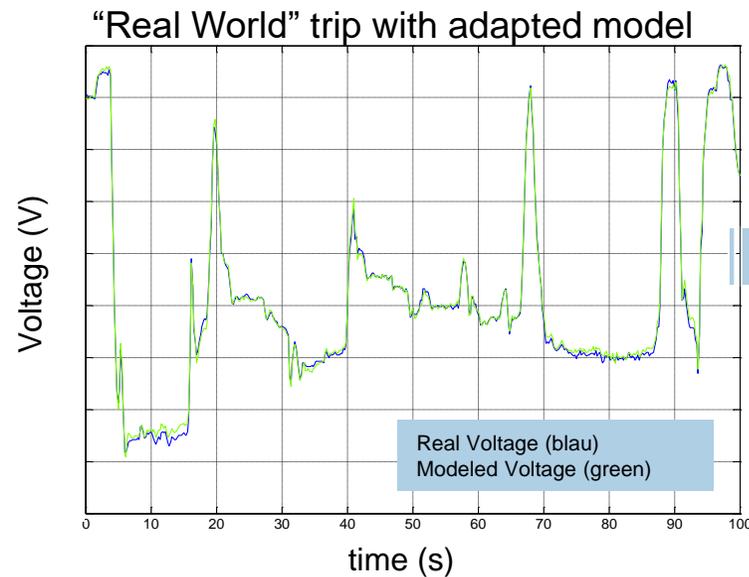
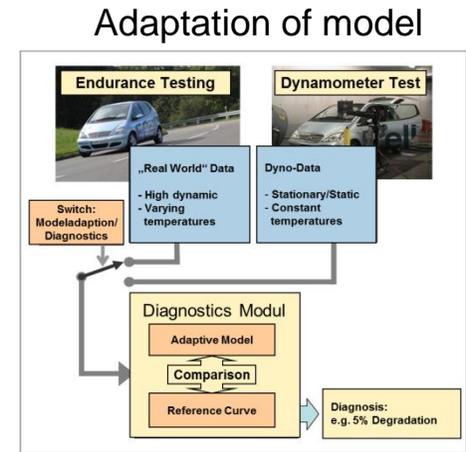
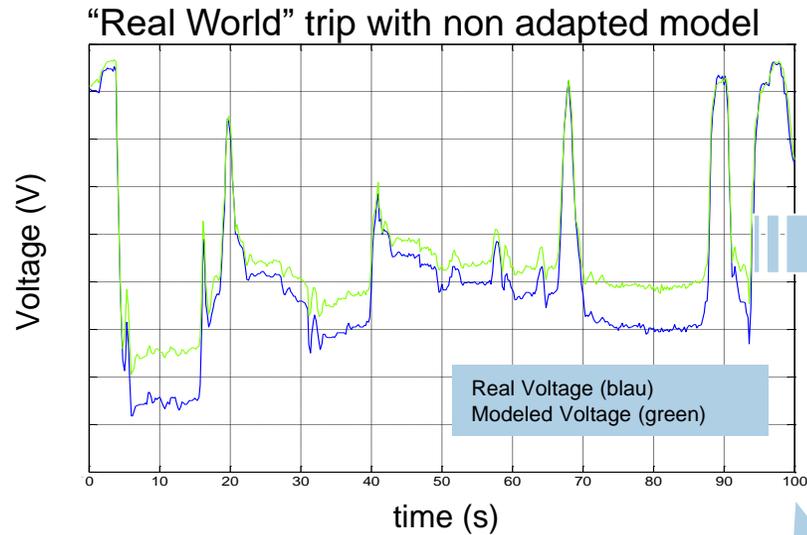


3 Input Signals

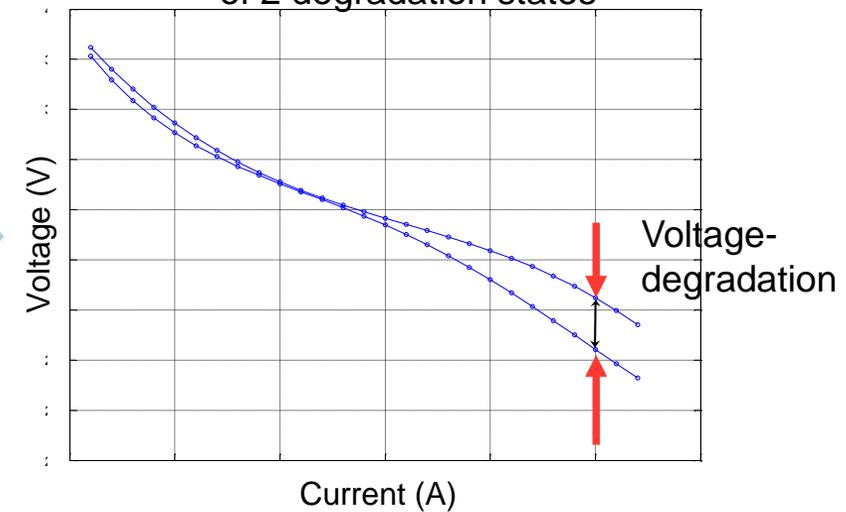


5 Input Signals

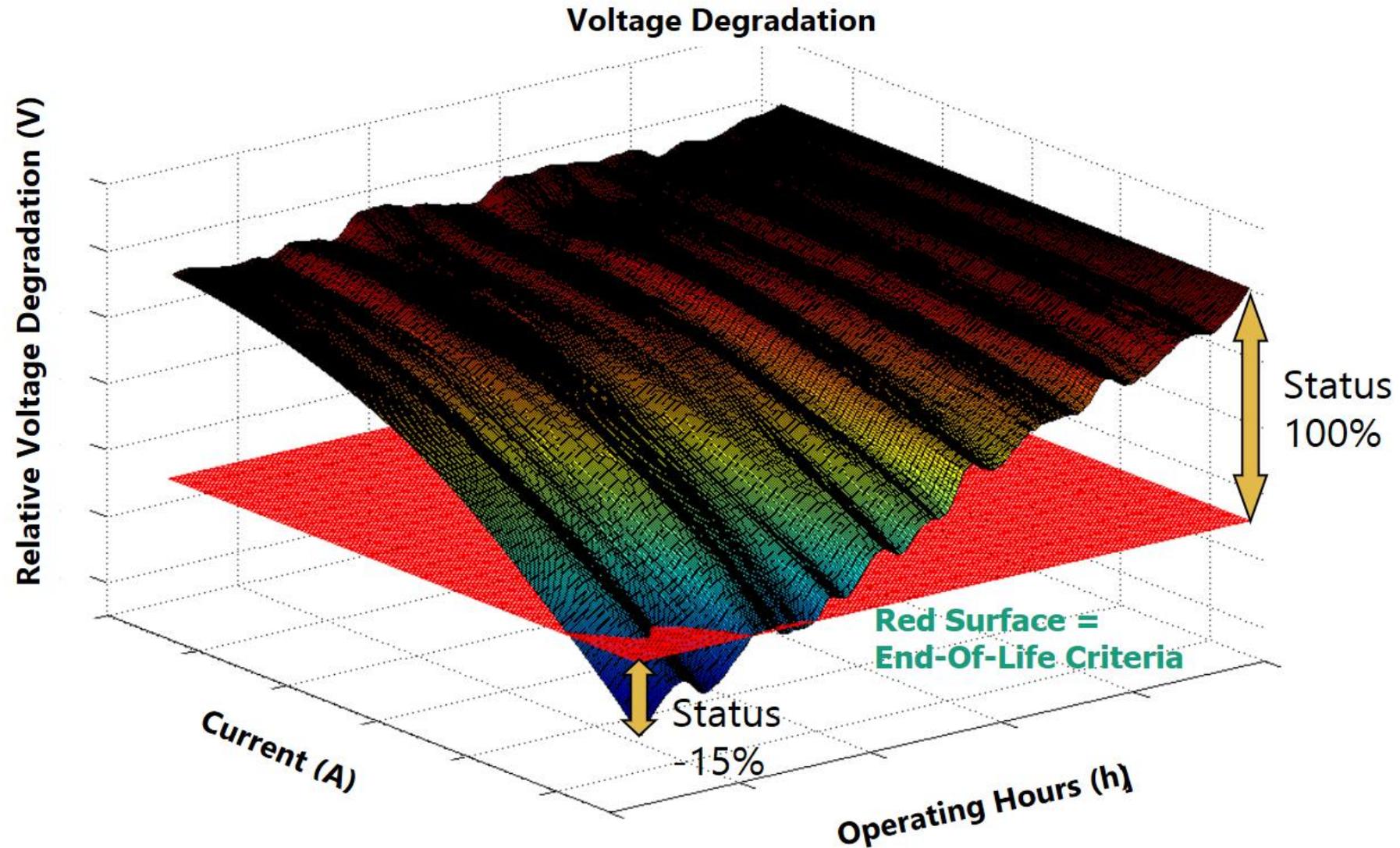
Verschleißerkennung durch künstliche neuronale Netze



Simulated Dynamometer-Current/Voltage Test of 2 degradation states



Verschleißerkennung durch künstliche neuronale Netze



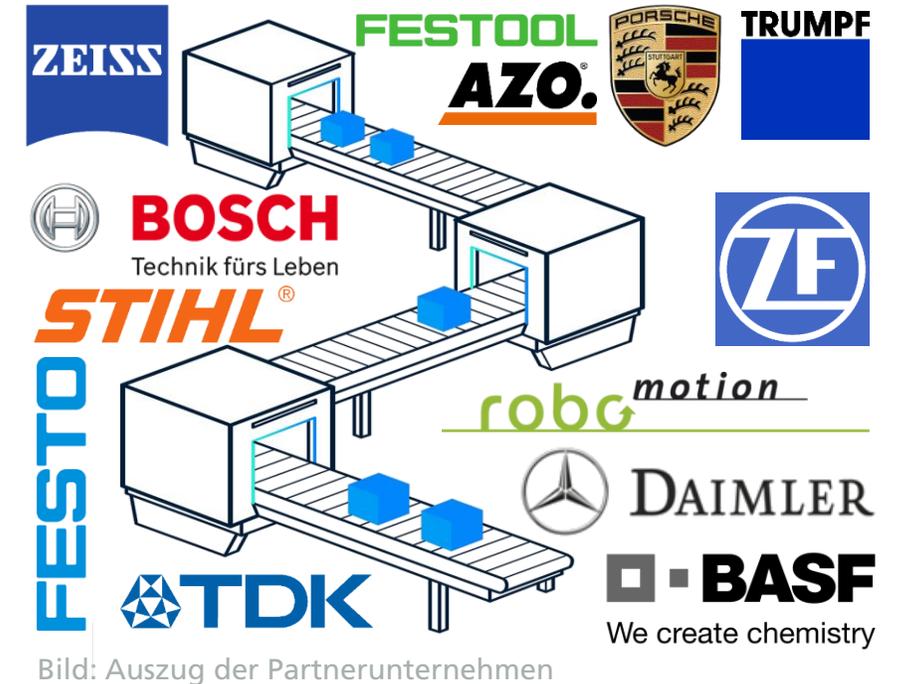
Inhalt

- Einführung in künstliche Intelligenz (KI)
 - Aufbau
 - Modellierung
 - Anwendung am Beispiel Verschleißerkennung
- Ausgewählte Einblicke in die angewandte KI-Forschung des Fraunhofer-IPA
 - **Zentrum für Cyber Cognitive Intelligence (CCI)**
 - Abteilung Fabrikplanung und Produktionsmanagement

Zentrum für Cyber Cognitive Intelligence (CCI)

Künstliche Intelligenz (KI) in der Praxis? Doch! Schnelle Umsetzung von KI-Anwendungsfällen

- Das CCI ist die zentrale Anlaufstelle für (produzierende) Unternehmen und deren Ausrüster für KI-Fragestellungen
- Unternehmen sollen von den Fortschritten im Bereich der künstlichen Intelligenz profitieren und diese in Produktion/Produkte nutzen
- Lösung:
 - Niedrigschwellige Projektangebote für Unternehmen in Form von Quick Checks und Exploring Projects
 - Technologie- und Lösungsentwicklung für erfolgreichen Transfer neuester KI-Technologien in Unternehmen



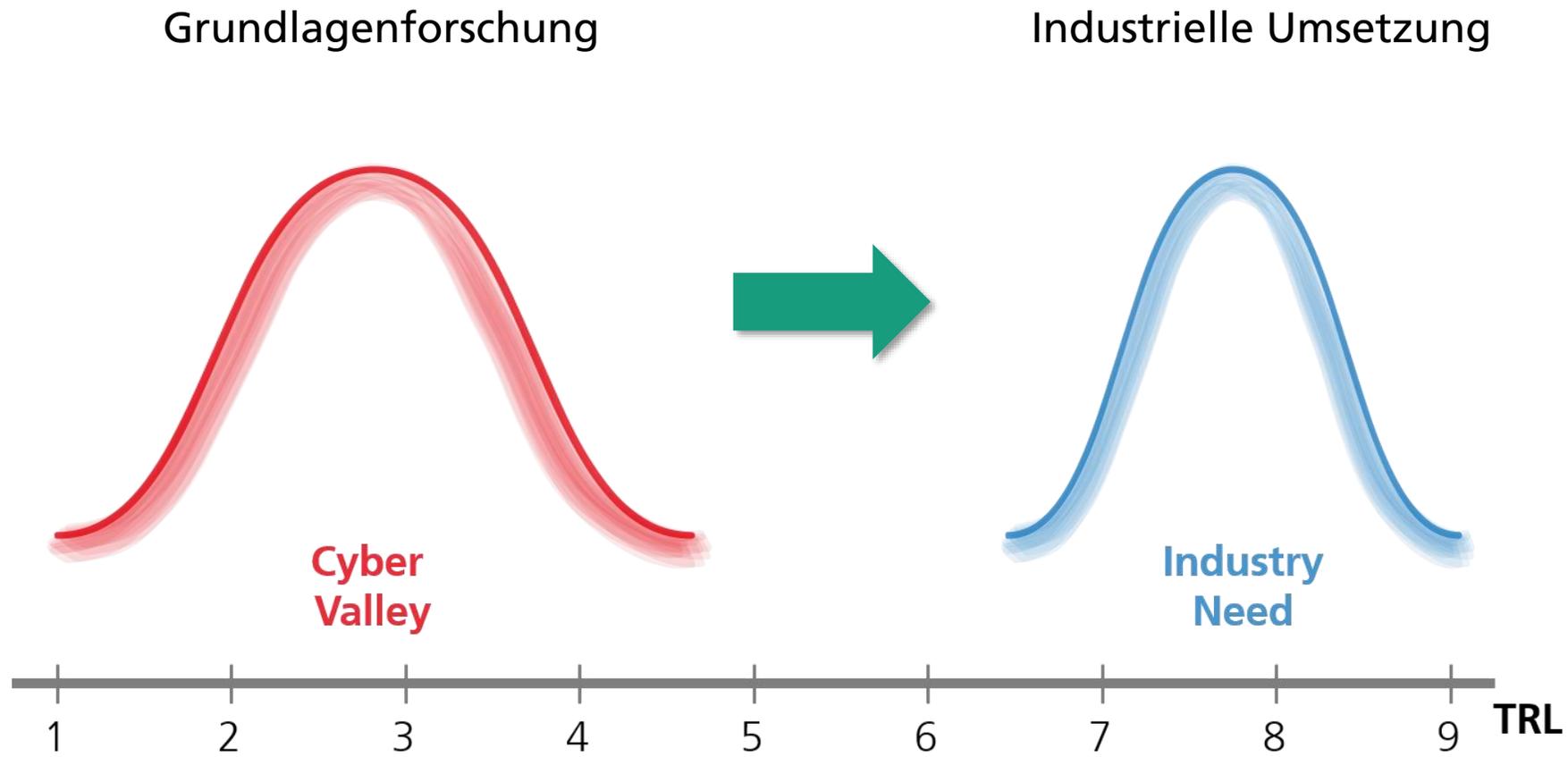
↑ Projekterfolg 1: Bisher 90 Quick Checks und 25 Exploring Projects mit namhaften Unternehmen durchgeführt

↑ Projekterfolg 2: Hohe Zufriedenheit und Sichtbarkeit bei Unternehmen führen zu Folgeprojekten

Fraunhofer IPA/IAO & Cyber Valley (KI-Fortschrittszentrum Lernende Systeme)

International führendes Zentrum für KI in der Region Stuttgart-Tübingen

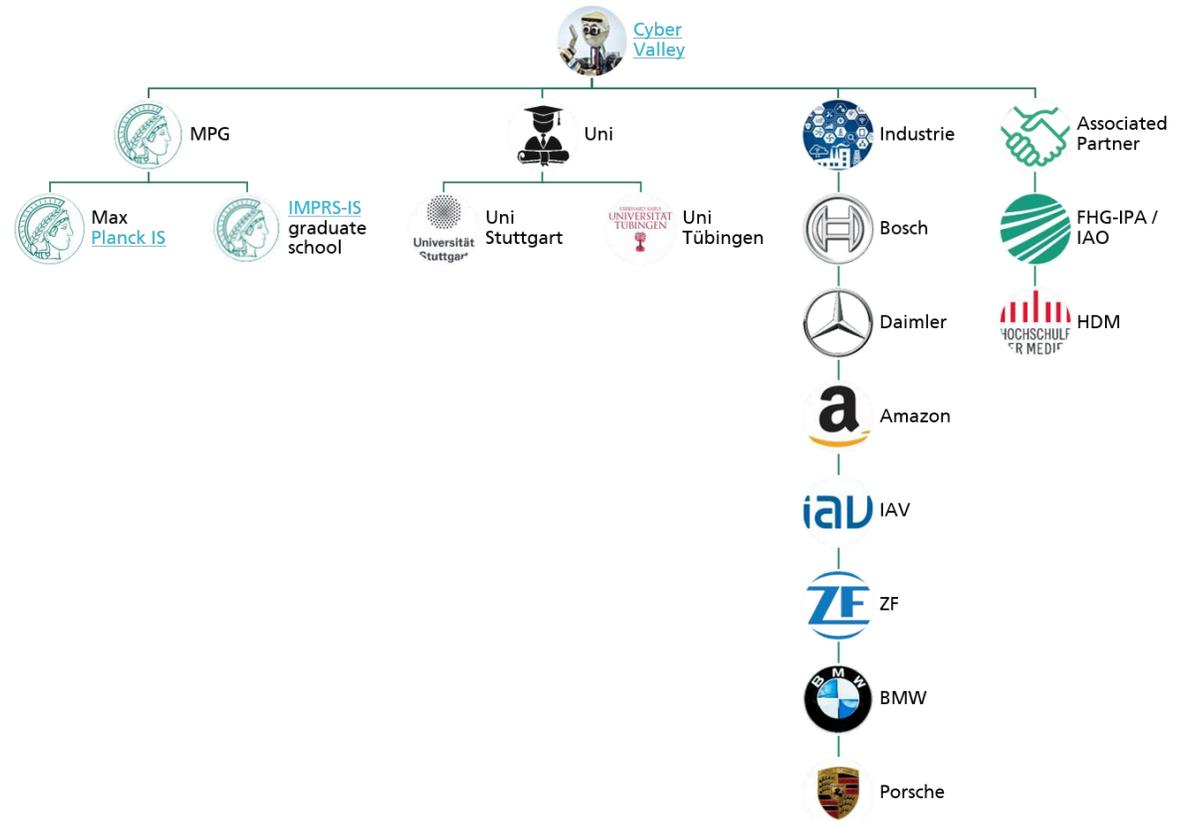
Verknüpfung zwischen Industrie und Forschung = Angewandte Forschung



Cyber Valley

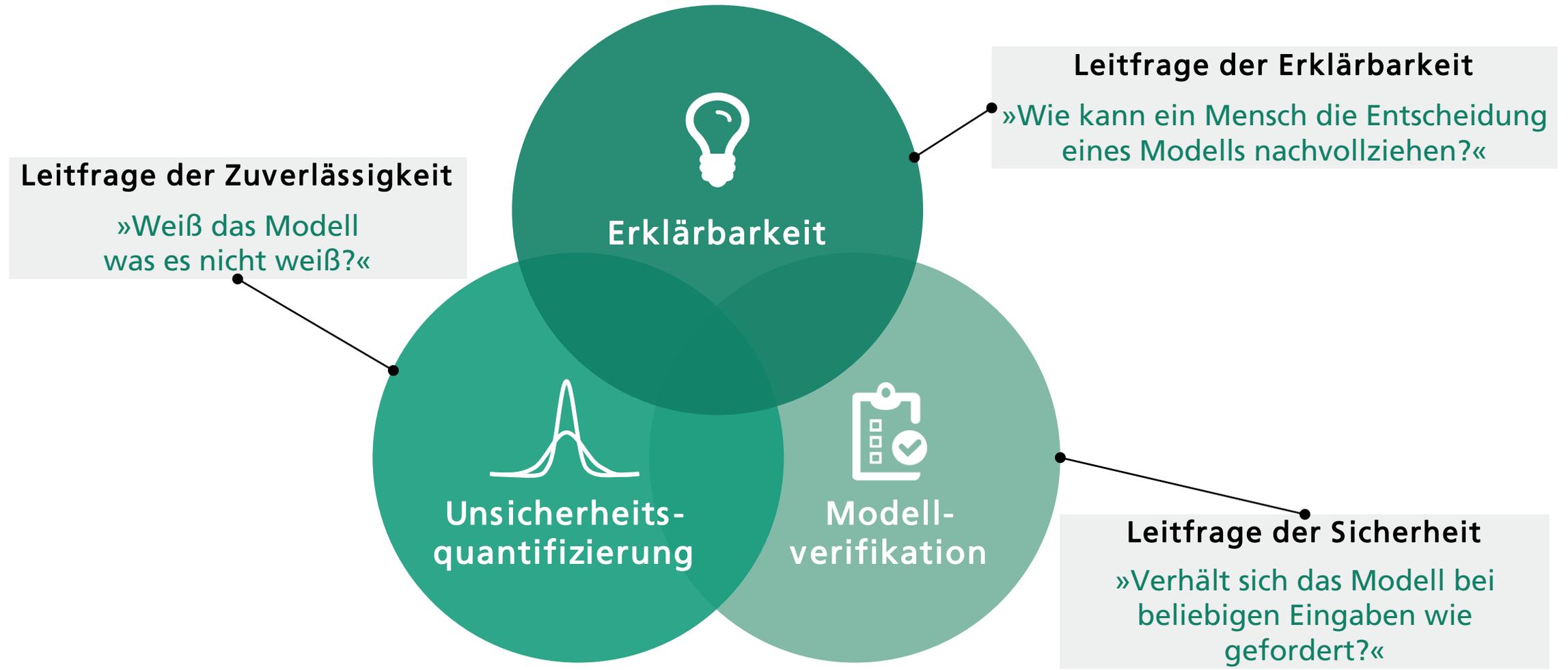
International führendes Zentrum für KI in der Region Stuttgart-Tübingen

- Eine der größten Forschungs Kooperationen Europas aus Wissenschaft und Wirtschaft auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz (KI)
- Gefördert durch das Land Baden-Württemberg (MWK)
- Ziele:
 - KI-Spitzenforschung: Region Stuttgart-Tübingen weltweit führend
 - Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft
 - Umfeld für die Gründung von Start-ups
- Forschungsschwerpunkte
 - Machine Learning
 - Robotics
 - Computer Vision
 - Computational Neuroscience



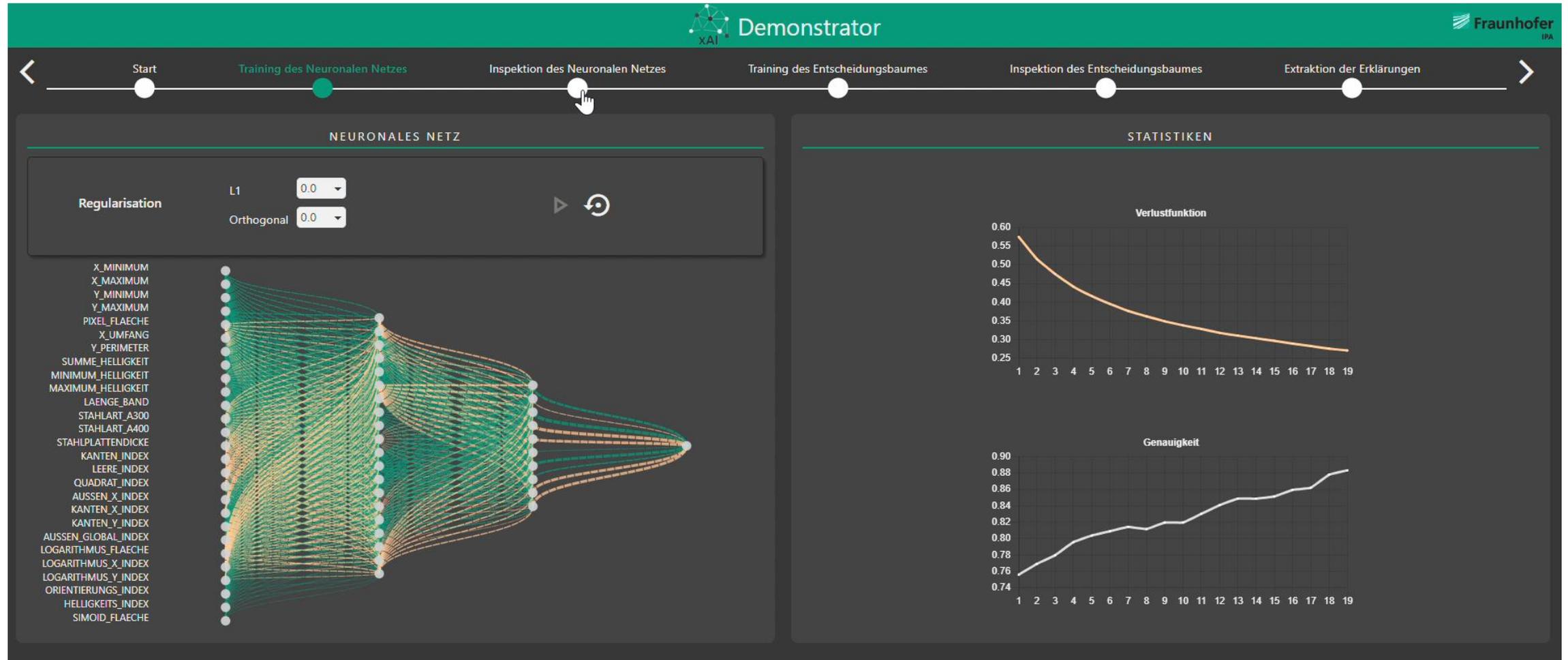
Modellabsicherung

Zuverlässige Künstliche Intelligenz



Erklärbarkeit und Transparenz maschineller Lernverfahren

Blick in die Black-Box



Erklärbarkeit und Transparenz maschineller Lernverfahren

Blick in die Black-Box

XAI Demonstrator Fraunhofer IPA

Start Training des Neuronalen Netzes Inspektion des Neuronalen Netzes Training des Entscheidungsbaumes Inspektion des Entscheidungsbaumes **Extraktion der Erklärungen**

ENTSCHEIDUNGSBAUM

```
graph TD; A["X_MINIMUM ≤ 182"] --> B["STAHLPLATTENDICKE ≤ 75.0"]; A --> C["HELLGKEITS_INDEX ≤ 0.2"]; B --> D["KRATZER"]; B --> E["BEULE"]; C --> F["BEULE"]; C --> G["KRATZER"];
```

L1 Regularisierung ist 0, Orthogonale Regularisierung ist 0

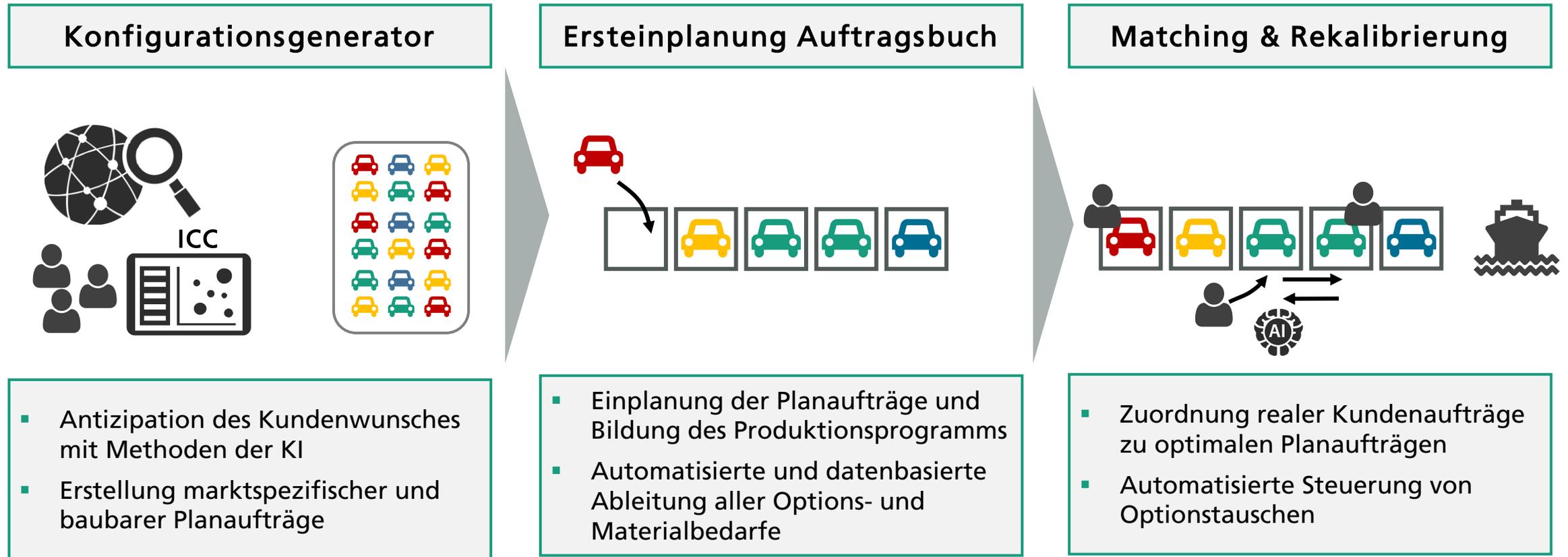
ERKLÄRUNGEN

Globale Erklärungen ▼

Lokale Erklärungen ▼

Auftragsplanung

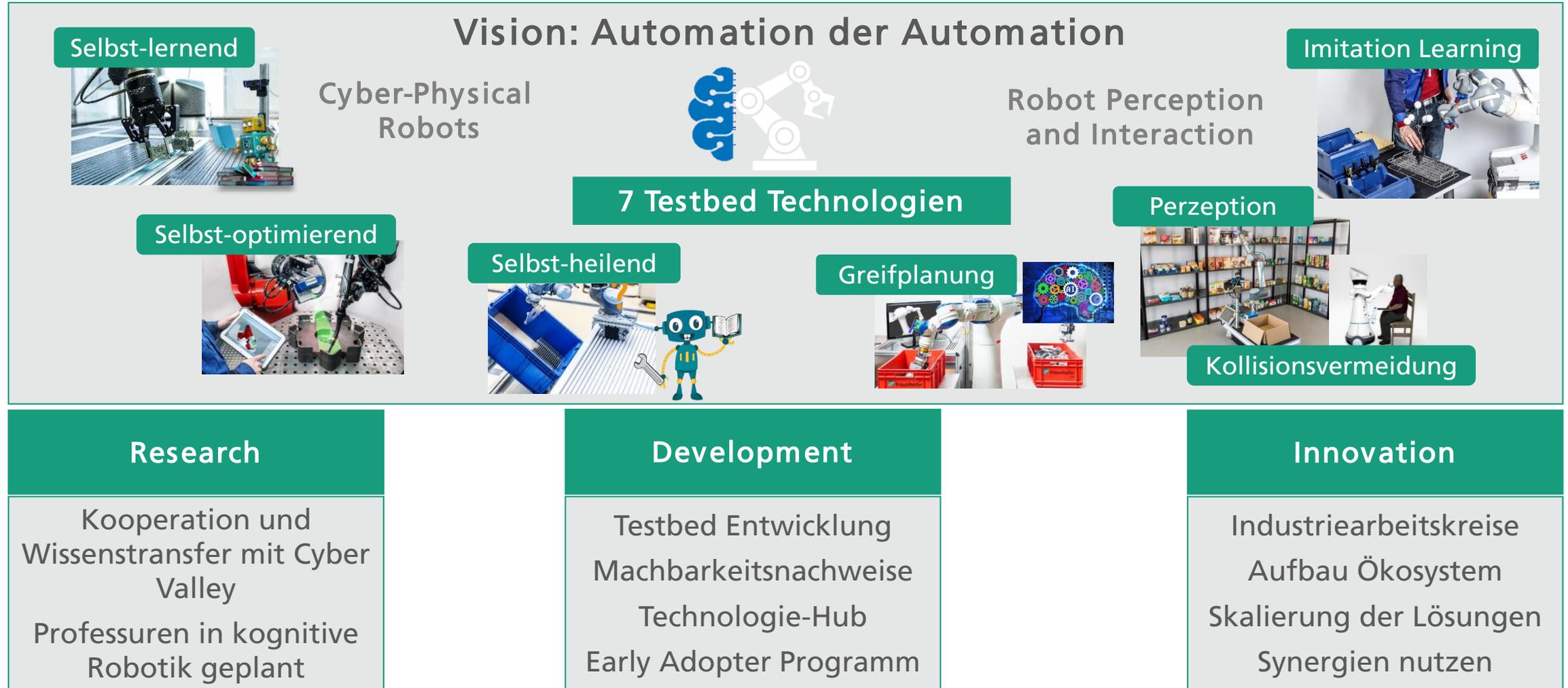
Porsche Intelligent Planning and Ordering



ICC: Internet Car Configurator

Einsatz von KI in der Robotik

Vision und Strategie



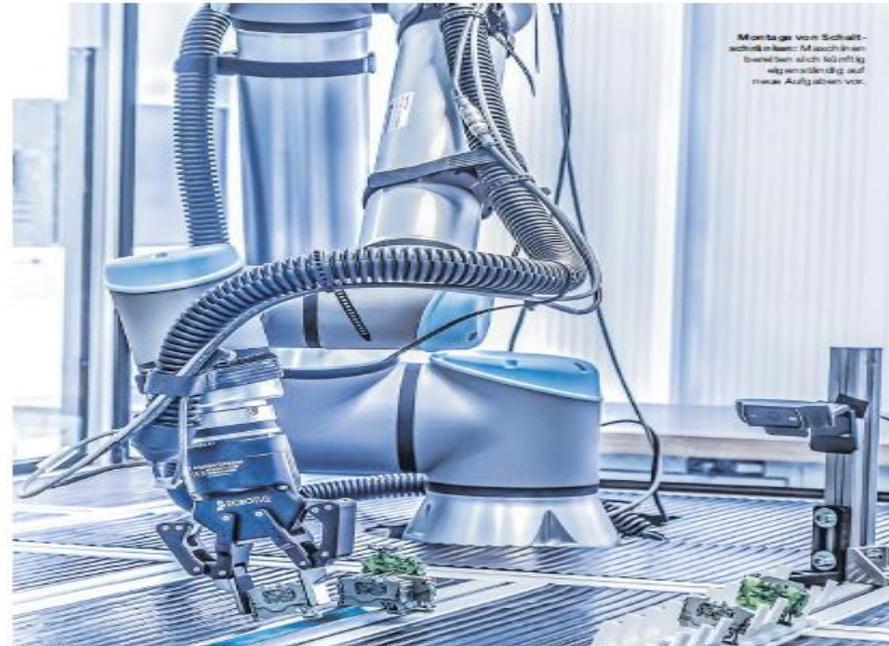


Foto: Fraunhofer IPA

Automatisierung

Reaktionstest für die Roboter

Intelligente Maschinen erlernen zunehmend flexibles Verhalten. Damit können sie in der Fabrik auch komplexere Aufgaben zuverlässig übernehmen.

Miriam Binner Köln

Betrn Sensorhersteller Vega im Schwarzwald können sich die Mitarbeiter in der Montage künftig viele Wege sparen. Anstatt sich selbst auf den Weg ins Kleinteilelager zu machen, um mit dem Regalwagen Nachschub zu holen, kommt Roboter Soto zu angefahren. Soto ist ein autonom navigierender Schrank, der eigenständig Boxen mit Kleinteilen aufladen kann – darunter Gehäuseteile oder Displays. Die schiebt Soto in die Schrägschichtregale direkt am Montageplatz. Leere Boxen sammelt er auf dem Rückweg wieder ein.

Soto erkennt seine Fracht und weiß, wie er sie anpacken muss, damit sie ins Regal passt. Er überlegt auch, was um ihn herum passiert – und nimmt einen anderen Weg, wenn ihm Hindernisse begegnen. Vega steht in den neuen intelligenten Robotern einen wichtigen Schritt hin zur modernen

Wir schaffen ein Ökosystem, in dem Roboter sich selbst programmieren.

Marco Huber
Zentrumsvorstand für
Fraunhofer IPA

Fertigung. „Soto ist das letzte Puzzleteil, um unsere Materialversorgung umfassend zu automatisieren“, erläutert Fertigungsplaner Patric Brucker. Der mehr als 60 Jahre alte Betrieb mit knapp 1800 Mitarbeitern kooperiert für das Pilotprojekt mit dem Münchener Start-up Magazino, das auf mobile Roboter spezialisiert ist.

Logistik als Einsatzschwerpunkt

Wie bei Vega übernehmen Roboter vielerorts eine neue Rolle. Sie erledigen nicht mehr nur repetitive Abläufe, sondern lernen, auf ihre Umwelt zu reagieren. Mit Greifarmen verschieben Roboter flitzschnell als Logistikhelfer durch die Fabrikhallen. Oder sie arbeiten in der Montage direkt neben Menschen – in immer engerer Kooperation. Rasch erweitern die Maschinen derzeit ihren Aktionsradius, und sie lernen schnell dazu: „Roboter sehen

und fühlen immer besser, und können deshalb intelligenter reagieren“, sagt Susanne Bieller, Generalsekretärin des Herstellerverbands International Federation of Robotics (IFR).

In einer Reihe von Pilotprojekten testen Unternehmen und Forscher derzeit neue Einsatzfelder. Das Ziel: Entlastung von Mitarbeitern, ein einfacher Betrieb und damit höhere Rentabilität. Als besonders nützlich erweisen sich die maschinellen Helfer beim Transportieren innerhalb des Betriebs. „Die Logistik in der Fabrik ist ein immer wichtigeres Einsatzfeld. Roboter können dazu beitragen, die Produktivität und -abfuhr deutlich flexibler zu gestalten“, so Bieller. Ein starker Treiber seien leistungsfähigere Sensoren und Bildverarbeitung, die mobile Roboter zuverlässiger und intelligenter navigieren lassen.

Große Sprünge ermöglichte die moderne Bildverarbeitung auch am Montageplatz: beim sogenannten Greifen die Kiste. So sind Roboterarme bereits in der Lage, aus einem Haufen an Kleinteilen die richtigen zu greifen und etwa auf einem Fließband ordentlich zu stapeln. Dafür braucht es eine Art Fingerspitzengefühl. Das vermittelt ihnen ein Forschungsteam des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart. Und zwar mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI). „Wir wollen Roboteranwendungen vorantreiben, die wegen ihrer Variantenvielfalt bislang nicht wirtschaftlich zu automatisieren sind“, sagt der Leiter des IPA-Zentrums für Cyber Cognitive Intelligence (CCI), Marco Huber. Es geht etwa darum, sehr kundenspezifische Produkte zusammenzubauen.

Zum Beispiel sollen die Roboter Schaltschränke und Leiterplatten mit vielen verschiedenen Kleinteilen bestücken. Die Herausforderung: Die Schränke und Platten werden zwar in Masse gefertigt, unterscheiden sich aber im Detail. Die Roboter müssen also flexibel reagieren können, wenn sich Positionen, Winkel oder Formen verändern. Bislang werden ihnen dafür unendlich einzelne Entscheidungen einprogrammiert. „Der Aufwand steht in keinem Verhältnis zum Ergebnis“, erklärt Huber. Das Projekt „Rob-Akademie“ könnte das in den nächsten zwei Jahren ändern.

Was dem IPA und den Kooperationspartnern aus dem Mittelstand vorschwebt, ist ein einfaches und schnelles Training für die Maschinen. „Wir schaffen auf lange Sicht ein Ökosystem, in dem Roboter sich selbst programmieren“, sagt der Zentrumsvorstand. So soll das gehen: Die Forscher zerlegen Aktionen des Roboters in kleine Bausteine. Zum Beispiel: Bewege dich, bis du Widerstand spürst. In einer Computerimulation lernt eine Software die optimale Abfolge je nach Aufgabe des Roboters – und schreibt dann das Programm selbst. Statt IT-Experten braucht es nur noch die KI, um Roboter zu trainieren.

Schon jetzt lernen Roboter durch Vormachen etwa mit sensorbestückten Handschuh. Auch hier schreibt ein Computerprogramm im Hintergrund die Software. Denn gerade IT-Wissen ist ein Flaschenhals bei Automatisierungsprojekten. Entfällt das aufwendige Programmieren für jede neue Variante, lohnen sich mehr Anwendungen.

Die Wirtschaftlichkeit von Roboter-Gruppen ist nach wie vor ein Knackpunkt. Abhilfe sollen neue Geschäftsmodelle wie der Verleih schaffen, der bei klassischen Robotern schon etabliert ist. Damit sinken die Anfangsinvestitionen und somit auch die Hemmschwellen für erste Projekte. Beim sogenannten Robots-as-a-Service-Modell zahlen Unternehmen nur für die Nutzung der Maschinen. Deren häufigster Einsatzort blieben vorerst die Werkhallen von Autoherstellern und Elektronikherstellern. Greifen und Heben, Schweißen und Lackieren sowie Kleben sind Pflichtaufgaben der klassischen Industrieroboter. Die Modelle von Kuka, ABB, Yaskawa und Co. werkeln meist in hoher Taktrung hinter Gittern.

Näher an den Menschen rücken die kollaborativen Roboter von Agile Robots heran. In einem Pilotprojekt mit einem deutschen Autohersteller werden die sogenannten Cobots Clips und Knipfe an Karosserieteilen an, um diese zu verbinden. Die Greifarme sollen dort unterstützen, wo Menschen nur schwer hinkommen. Bis zu 2000 Stück will das Start-up mit Sitz in Garching bei München im kommenden Jahr produzieren.

Die Ausgründung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) erprobt bereits,

Themen am CCI

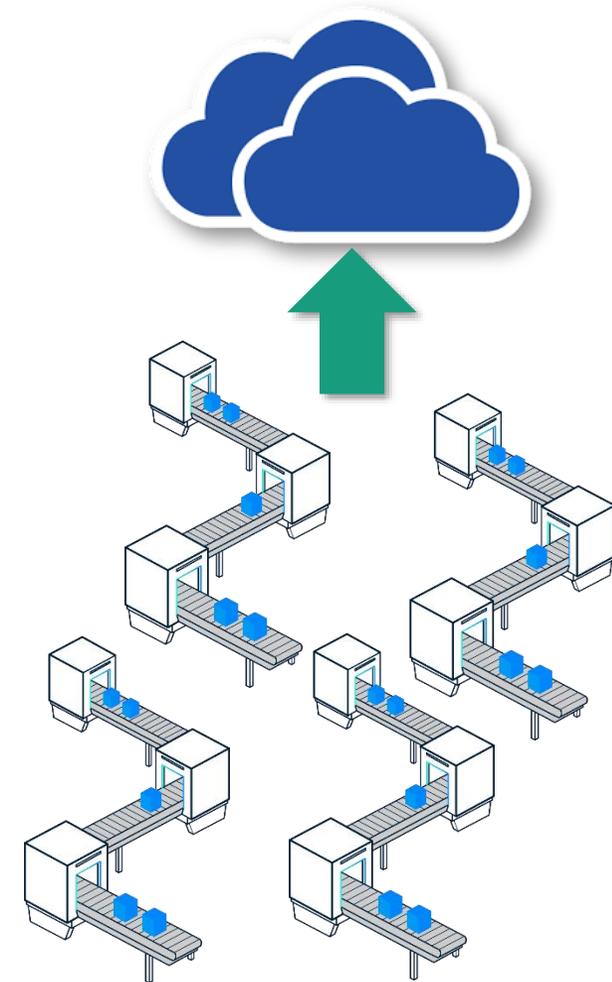
Präventive Diagnose von Produktionsmaschinen

Aufgabenstellung

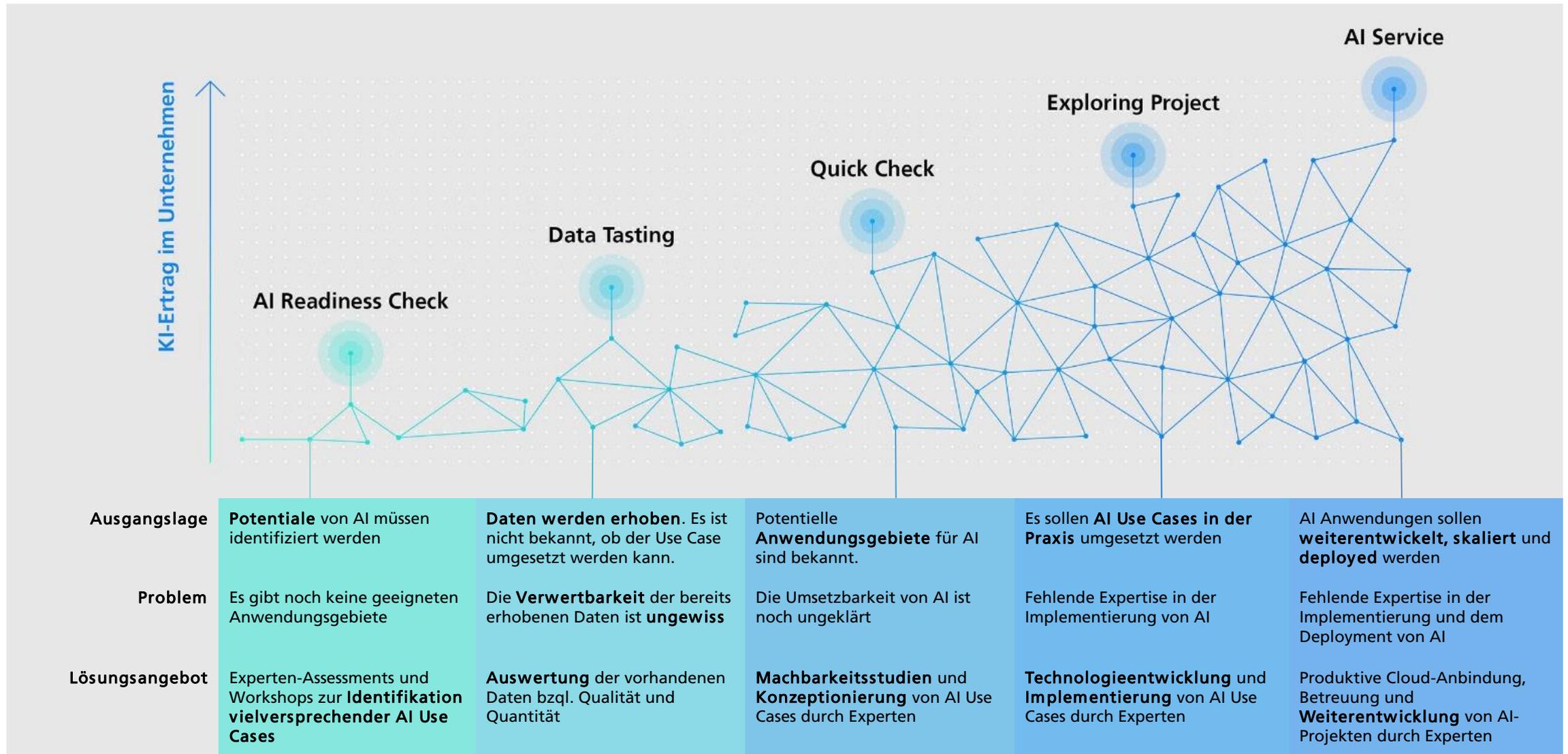
- Intelligente Verknüpfung bereits vorhandener Diagnose-/Belastungs- und Betriebsdaten von Maschinenparks (von 1 bis > 10.000 Maschinen)
- Maximierung Erkenntnisausbeute

Ziel

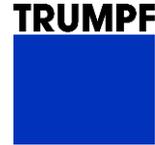
- Präventiver Maßnahmen:
Berechnung von Ausfalls-/Verschleißprognosen für Hochpreiskomponenten wie Spindeln, Elektromotoren, Leistungselektronik
- Vermeidung ungeplanten Maschinenstillständen beim Kunden
- Abschätzung benötigter Tauschteile über die nächsten Jahre



Angebote vom Fraunhofer-CCI



Quick Checks



[be: o: es] connect



SMARTIT



ELABO



Testimonials

Quick Checks

robog *motion*

»Das Fraunhofer IPA stellte uns durch den Quick Check beeindruckende neue Methoden vor, die eine schnelle Objektlokalisierung ohne lange Einlernzeiten ermöglicht. Unter den vorgestellten Methoden sind vielversprechende Ansätze, um diese in der Industrie zu verwirklichen.«

– *Andreas Wolf*

SCHOTT

glass made of ideas

»Das Fraunhofer IPA hat in sehr kurzer Zeit beeindruckende Ergebnisse erzielt. Insbesondere hat der Quick Check uns neue Möglichkeiten aufgezeigt, Defekte in Bilddaten besser zu detektieren und zu klassifizieren.«



»Das Fraunhofer Institut hat unsere komplexe Aufgabenstellung im Quick Check in beeindruckender Weise erfasst und analysiert. Die präsentierten Ergebnisse zeigen uns bereits jetzt, dass durch den Einsatz von ML Verfahren großes Potential besteht die Produktionskosten zu senken und gleichzeitig die Qualität der Münzanalyse zu verbessern.«



»Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPA war sehr angenehm, konstruktiv und produktiv. Der QuickCheck hat es uns ermöglicht, die Chancen und Grenzen aktueller Ansätze aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz besser abschätzen zu können.«

PILZ

THE SPIRIT OF SAFETY

»Die Ergebnisse des Quick Checks waren trotz der kurzen Projektzeit sehr beeindruckend und vielversprechend. Wir sehen hier die große Chance einer der wichtigsten Prüfungen (AOI) unserer Elektronikproduktion in seiner Zuverlässigkeit und Aussagekraft nachhaltig zu verbessern und die Mitarbeiter aus der Produktion durch Wegfall oder Reduzierung der manuellen Nachprüfung zu entlasten. Wir möchten dieses Thema auf jeden Fall weiter verfolgen!« – *Michael Auserwählt*



»Die Zusammenarbeit ist besonders durch den Ideenreichtum des Fraunhofer IPAs sehr zielführend.«

Testimonials

Quick Checks



»Der Quick Check bietet eine hervorragende Gelegenheit, die Chancen zur Anwendung von maschinellem Lernen in Produktionsabläufen zu untersuchen. Für Dialog Semiconductor war die konstruktive und flexible Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPA eine große Hilfe, um die Machbarkeit einer maschinell unterstützten Losdisposition zu prüfen. Mit der Kompetenz des CCI planen wir nun die nächsten Schritte zur Umsetzung einer innovativen Lösung!«



[be: o: εs] connect

„Der Quick Check des Fraunhofer IPA beweist, wie moderne Bildanalyseverfahren die Prozesseffizienz und Sicherheit in kritischen Gefahrguteinsätzen von Feuerwehren deutlich erhöhen können.“ – Gero Nicklas



»Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPA hat uns sehr dabei geholfen unsere Ideen zur Datenanalyse von Schwingungen zu priorisieren und entsprechende Use Cases daraus abzuleiten. Das hat uns motiviert, zusätzlich zu klassischen Auswertemethoden, verstärkt die Potentiale des maschinellen Lernens zu nutzen.“ «
– Daniel Weiß



KNORR-BREMSE

»Das Team bei FhG hat im Quick Check #153 das Training von Modellen mittels öffentlichen Datensätzen zum Pre-Labeling von Videoszenen untersucht. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sind ermutigend und bilden eine sehr gute Grundlage für weitere Untersuchungen. Die sehr fachkundige und professionelle Durchführung dieses Projektes wurde auch sehr gut von den FhG-Partnern dokumentiert, und wir sehen einer weiteren möglichen Zusammenarbeit mit großem Optimismus entgegen.«
– Dr. Falk Hecker, Reinhold Behringer

Testimonials

Quick Checks



»Der Quick Check mit dem Fraunhofer IPA hat uns effektiv und in kurzer Zeit bei der Weiterentwicklung unserer Projektidee unterstützt, durch das Aufzeigen eventueller Probleme und die Darlegung von Lösungswegen, die auf ML basieren.

Die im Quick Check erarbeiteten Ergebnisse werden der EWM AG auch in Zukunft hilfreich sein.«

– Michael Szczesny, Simon Nink



Sensor Intelligence.

»Die Kollegen von Fraunhofer habe im Rahmen des Quick Checks einen ausgezeichneten Überblick über bestehende Methoden zur Qualitätssicherung von Neuronalen Netzen erarbeitet. Wir hoffen mit ihrer Kompetenz weitere Schritte in Richtung "Sicherer Künstlicher Intelligenz" gehen zu können.«

– Patrick Feth



»Ein gemeinsames Ziel des Fraunhofer IPA und uns ist es KI anwendbar und erklärbar zu machen. Das IPA hat uns während des Quick Checks durch Kompetenz und Tatkraft diesem Ziel einen Schritt näher gebracht. Es konnte bereits in der kurzen Projektzeit gezeigt werden, dass nicht nur die Entscheidung neuronaler Netze wichtig ist, sondern auch welche Bildmerkmale dazu führen um Datenmanipulation und -verzerrungen zu erkennen. Wir hoffen darauf die produktive Zusammenarbeit weiter fortsetzen zu können. «

– Alexander Balz, Alexander Windberger



managing flexibility

»Im Rahmen des Quick Checks hat das Fraunhofer IPA in kurzer Zeit vielversprechende erste Lösungsansätze für unsere Problemstellung erarbeitet. Ein großer Mehrwert ergab sich durch die Interdisziplinarität des Fraunhofer IPA, wodurch unsere Problemstellung mit Expertenwissen aus verschiedenen Fachrichtungen angegangen werden konnte.«

– Steffen Cordes, Kirsten Prill

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Dr. techn. Dipl. Ing. Christof Nitsche
Gruppenleiter am Zentrum für Cyber
Cognitive Intelligence (CCI)

Telefon +49 711 970 1665

Mail christof.nitsche@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de/ki



Julian Maier M.Sc.
Autonome
Produktionsoptimierung

Telefon +49 711 970-1958

Mobil +49 1522 2516782

Mail Julian.Maier@ipa.fraunhofer.de

Future is our product

Sustainable. Personalized. Smart.

Giving you a competitive edge

Sustainable. Flexible. Cost-effective.